

## WALK TRAINING DEVICE

Publication number: JP2000084016

Publication date: 2000-03-28

Inventor: EGAWA SAKU; NEMOTO YASUHIRO; KOSEKI  
ATSUSHI; HATTORI SHIZUKO; SAKAI AKIHIKO; FUJIE  
MASAKATSU

Applicant: HITACHI LTD

Classification:

- International: **A61H3/04; A61H3/00;** (IPC1-7): A61H3/04

- european:

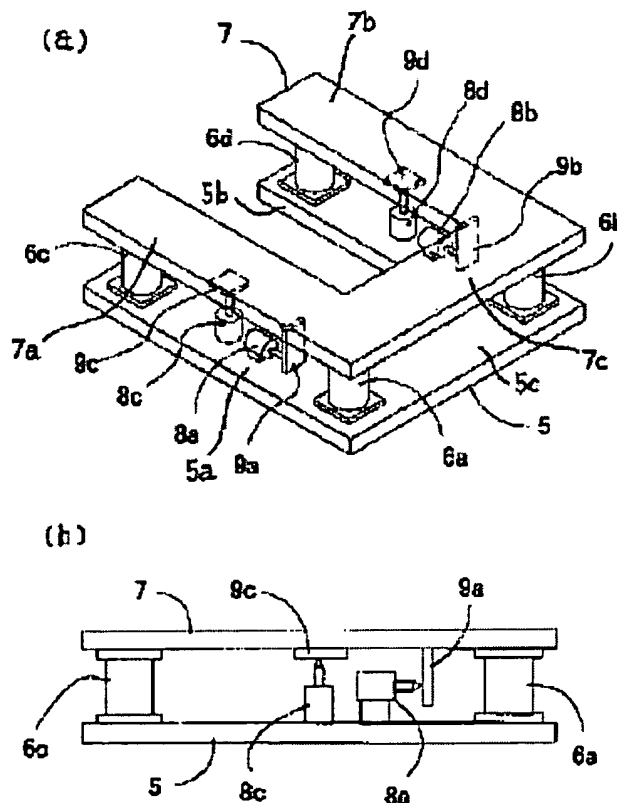
Application number: JP19980262709 19980917

Priority number(s): JP19980262709 19980917

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP2000084016

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect horizontal force with high accuracy by providing force detecting means separately from a means for supporting a support means to a base body. **SOLUTION:** A support base 5 of similar figure to a support means 7 whereon a trainee holds to support a part of his weight is disposed under the support means 7 through elastic members 6a-6d formed of vetical load receiving members. The support base 5 is provided with displacement detectors 8a-8d. The support means 7 is provided with targets 9a-9d in correspondence with the displacement detectors 8a-8d to form a position reference at the time of the displacement detectors 8a-8d detecting the displacement quantity of the support means 7. The displacement detectors 8a, 8b detect longitudinal distance change between the targets 9a, 9b, and the displacement detectors 8c, 8d detect vertical distance change between the targets 9c, 9d. With this constitution, required action force can be detected with high accuracy and high resolution.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-84016

(P2000-84016A)

(43) 公開日 平成12年 3月28日 (2000. 3. 28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 1 H 3/04

識別記号

F I

A 6 1 H 3/04

テーマコード\* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-262709

(22) 出願日 平成10年 9月17日 (1998. 9. 17)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 柄川 索

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 根本 泰弘

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

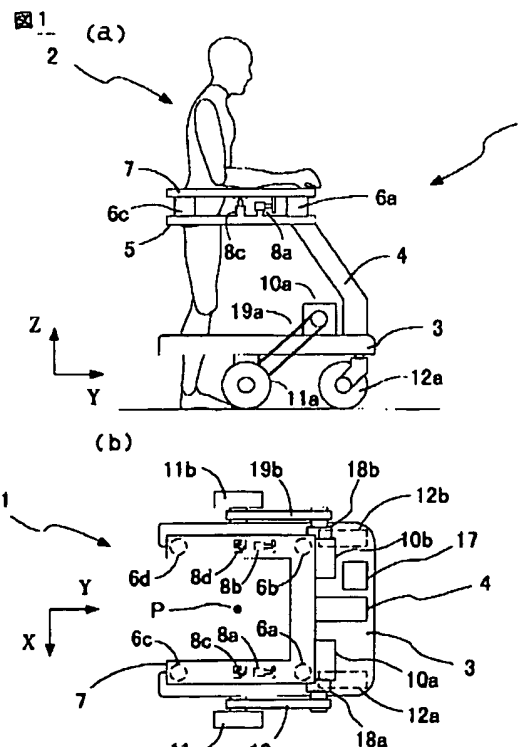
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歩行訓練装置

(57) 【要約】

【課題】被訓練者からの作用力を検出する手段を備える歩行訓練装置において、鉛直方向に大きな力が作用している場合においても、水平方向の作用力を精度良く検出できるようにする。

【解決手段】歩行訓練装置の基体3に支持台5を設け、支持台5と支持具7との間に、少なくとも前後および左右の複数の位置において支持具7を支持する複数の弾性部材6を設け、支持台5と支持具7との間の相対変位を検出する検出器8を設ける。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基体と、該基体に設けられ、使用者の歩行動作を可能にする駆動部と、前記基体に支持された支持具と、該支持具に作用する力を検出する力検出手段とを備えた歩行訓練装置において、

前記支持具を前記基体に支持する手段とは離隔して前記力検出手段を設けたことを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項2】基体と、該基体に設けられ、使用者の歩行動作を可能にする駆動部と、前記基体に支持された支持具と、該支持具に作用する力を検出する力検出手段とを備えた歩行訓練装置において、

前記支持具を前記基体に支持する手段を、前記力検出手段と離隔して設けたことを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項3】請求項1又は2に記載の歩行訓練装置において、前記支持具を前記基体に支持する手段は弾性部材であることを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項4】基体と、該基体に設けられ、使用者の歩行動作を可能にする駆動部と、前記基体に支持された支持具と、該支持具に作用する力を検出する力検出手段とを備えた歩行訓練装置において、

前記基体に支持台を設け、該支持台に前記支持具を支持部材で支持し、前記力検出手段を前記支持部材とは離隔して設けたことを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項5】請求項4に記載の歩行訓練装置において、前記支持部材は弾性部材で構成され、鉛直方向の剛性に対して水平方向の剛性が柔らかい異方性弾性部材であることを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項6】請求項1又は2に記載の歩行訓練装置において、前記力検出手段は、前記支持台と前記支持具との相対変位を検出する検出手段であることを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項7】請求項4に記載の歩行訓練装置において、前記支持部材は前記支持具を複数箇所で前記支持台に支持し、前記力検出手段は複数の支持位置の間に設けられていることを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項8】請求項4に記載の歩行訓練装置において、前記支持具を左側部材と右側部材とに分割し、前記支持台と前記左右の支持具部材との間に、該左右の支持具部材を各々前後に移動可能に支持するレールを設け、前記左右の支持具部材と前記支持台との間に、前記左右の支持具部材の前後方向の動きに対して反力を発生する反力発生部材を設け、前記支持台と前記左右の支持具部材との間の相対変位に基づく物理量を検出する検出器を設けたことを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項9】請求項1乃至8のいずれかに記載の歩行訓練装置において、前記駆動部は、前記基体に設けられた車輪と、該車輪を駆動するモータと、該モータを制御する制御装置とを備えてなることを特徴とする歩行訓練装置。

【請求項10】請求項1乃至8のいずれかに記載の歩行

訓練装置において、前記駆動部は、環状ベルトと、該環状ベルトを回転駆動するモータと、該モータを制御する制御装置とを備えてなることを特徴とする歩行訓練装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、歩行訓練装置に関し、特に、人体を支持する支持具に作用する力を検出する手段を備える歩行訓練装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】歩行に障害のある高齢者や障害者の歩行を補助し、歩行の訓練を行う装置として、特開平7-184966号公報に記載の歩行補助装置がある。この装置は、車輪により移動できる移動体と、移動体に設けた支柱の上端に回転可能に設けられた、被訓練者の体を支持する支持具である保持アームと、保持アームを駆動するアクチュエータと、車輪を駆動するモータを備えている。また、保持アームの根元に作用力検出器が挿入されている。被訓練者から保持アームに作用する力を、作用力検出器により検出し、作用力の下向き成分が目標値に等しくなるように、アクチュエータを駆動して保持アームを回転させることで、一定の力で被訓練者の体を保持している。また、作用力の前向き成分が目標値と等しくなるように、モータを駆動して、移動体を前進させることで、移動のための力を補助している。このような歩行補助装置においては、作用力検出器として、歪ゲージ式多軸力センサが使用されてきた。これは、センサの内部に精密に立体的に加工された梁を設け、梁に接着された複数の歪ゲージの電気抵抗の変化を測定することにより、作用力を検出するものである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】歩行訓練装置では、被訓練者が支持具に寄りかかって、脚に加わる体重の負担を減らしながら歩行を行うので、支持具を通じて作用力検出器に鉛直下向きに大きな力が加わる。一方、前進するために被訓練者が水平方向に加える力は、鉛直方向に比べて小さい。従来の歩行訓練装置では、支持具の根元に歪ゲージ式多軸力センサを設け、センサ内の梁の歪を歪ゲージで測定することによって、作用力を検出していた。このとき、梁の歪は、鉛直方向と水平方向の両方の力の影響を受けるので、複数の歪ゲージの抵抗変化を検出し、それらに演算処理を施すことによって、各成分の力を分離検出していた。しかし、水平方向の作用力は鉛直方向に比べて小さいので、水平方向の作用力を高精度に分離するのが困難であった。また、力センサが支持具の根元に配置されており、支持具は力センサによって片持ち支持されているので、力センサに対して、力センサを装置の左右軸（装置の幅方向の軸）回りにひねる大きなモーメントが加わっていた。このため、力センサの剛性を高める必要が生じるので、梁に生じる歪が小さくな

り、作用力の検出感度が小さくなっていた。これらにより、従来の構成では、作用力の検出精度を高めるのが困難であり、ノイズや温度変化による検出誤差が大きくなるという問題があった。また、従来の歩行訓練装置において、作用力の検出値に比例した速度で移動体を駆動することにより、歩行を補助する場合、作用力の検出値に対する移動体の駆動速度の比例ゲインを大きくすると、作用力の検出誤差が駆動速度に与える影響が大きくなる。このため、検出誤差が大きい場合には、ゲインを小さくしなくてはならないので、歩行訓練装置の見かけの抵抗が大きくなり、被訓練者の疲労が大きくなるという問題が生じていた。また、歩行訓練装置では、歩行訓練中の被訓練者からの作用力を記録して、訓練効果の評価に利用するが、作用力の検出誤差が大きいので、正確な評価を行うのが困難になるという問題があった。また、実用上十分な作用力検出精度を得るためには、力センサの加工組み立てを極めて精密に行う必要があるので、製作費用が高くなるという問題があった。

【0004】本発明は、上記の問題を解決するために、簡便な構成で、水平方向の力を精度良く検出できる歩行訓練装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的は、基体と、該基体に設けられ、使用者の歩行動作を可能にする駆動部と、前記基体に支持された支持具と、該支持具に作用する力を検出する力検出手段とを備えた歩行訓練装置において、前記支持具を前記基体に支持する手段とは離隔して前記力検出手段を設けることにより達成される。また上記目的は、基体と、該基体に設けられ、使用者の歩行動作を可能にする駆動部と、前記基体に支持された支持具と、該支持具に作用する力を検出する力検出手段とを備えた歩行訓練装置において、前記支持具を前記基体に支持する手段を、前記力検出手段と離隔して設けることにより達成される。このとき、前記支持具を前記基体に支持する手段は弾性部材で構成するとよい。また、上記目的は、基体と、該基体に設けられ、使用者の歩行動作を可能にする駆動部と、前記基体に支持された支持具と、該支持具に作用する力を検出する力検出手段とを備えた歩行訓練装置において、前記基体に支持台を設け、該支持台に前記支持具を支持部材で支持し、前記力検出手段を前記支持部材とは離隔して設けることにより達成される。このとき、前記支持部材を弾性部材で構成するとともに、鉛直方向の剛性に対して水平方向の剛性が柔らかい異方性弾性部材にするとよい。上記の力検出手段は、支持台と支持具との相対変位を検出してもよい。また、上記の支持部材により支持具を複数箇所支持台に支持し、力検出手段を複数の支持位置の間に設けるとよい。また、上記の支持具を左側部材と右側部材とに分割し、支持台と左右の支持具部材との間に、左右の支持具部材を各々前後に移動可能に支持するレールを設け、左

右の支持具部材と支持台との間に、左右の支持具部材の前後方向の動きに対して反力を発生する反力発生部材を設け、支持台と左右の支持具部材との間の相対変位に基づく物理量を検出する検出器を設けてもよい。また、本発明に係る歩行訓練装置としては、上記の駆動部に、基体に設けられた車輪と、車輪を駆動するモータと、モータを制御する制御装置とを備えて構成することができる。また、本発明に係る歩行訓練装置としては、前記駆動部に、環状ベルトと、該環状ベルトを回転駆動するモータと、該モータを制御する制御装置とを備えて構成することができる。

【0006】

【発明の実施の形態】本発明に係る以下の実施例においては、装置を水平面上に置いた状態において、水平面に垂直な方向を上下方向とし、水平面から離れる向きを上向きと定義する。また、通常の使用において、使用者（被訓練者）が前進又は後退する方向を前後方向と定義する。従って、上下軸とは上下方向に、前後軸とは前後方向に定義される軸のことであり、左右軸とは上下軸及び前後軸に垂直な軸、すなわち装置の幅方向に定義される軸を意味する。

【0007】以下、図面を用いて、各実施例を説明する。

【0008】図1に本発明の歩行訓練装置の第1の構成を示す。図1(a)は本実施例の歩行訓練装置を右側面から見た側面図であり、(b)は上側から見た上面図である。

【0009】歩行訓練装置1の基体3は支柱4を有しており、支柱4の上端に支持台5が設けられている。基体3と支柱4とは別体で構成されてもよいし、一体に形成されてもよい。支持台5の上には、弾性部材6a~6dにより支持されて支持具7が設けられている。また、支持台5には支持台5と支持具7の間の相対変位を検出する変位検出器8a~8dが設けられている。

【0010】基体3は、右および左の駆動車輪11a, 11bおよび従動車輪12a, 12bによって移動可能に支持されている。駆動車輪11a, 11bは、モータ10a, 10bに減速機18a, 18bおよびベルト19a, 19bを介して接続されており、制御装置17により、モータ10a, 10bを同方向に駆動制御することにより、歩行訓練装置1を前後に移動させる。また、右および左のモータ10a, 10bを逆方向に駆動制御することにより、歩行訓練装置1を左右の車輪の中間点Pを中心に旋回させることができる。

【0011】被訓練者2は、支持具7につかまり、体重の一部を支持具7に加え、脚にかかる負担を減らしつつ歩行訓練を行う。

【0012】図2に本発明の歩行訓練装置の支持具7に作用する作用力検出部（手段）の詳細構造を示す。図2(a)は斜め上方より見た斜視図であり、(b)は右側

方より見た側面図である。

【0013】支持具7は、被訓練者2の体を取り囲むようにU字形に形成されている。すなわち、支持具7は前縁部7cの左右両端部からそれぞれ後方に向けて延長して設けられた延設部7aと7bとを有している。延設部7aは使用者の右側方又は右腕を支持する支持部であり、延設部7bは使用者の左側方又は左腕を支持する支持部である。使用者(被訓練者)は通常、腹部を前縁部7cに向けて使用するが、このとき前進する向きを前向き、後退する向きを後ろ向きとする。

【0014】支持台5は支持具7と相似形に形成されており、支持台5の四隅に少なくとも上下(鉛直)方向の荷重受け部材(支持部材)となる4個の弾性部材6a、6b、6c、6dが設けられており、その上に支持具7が取り付けられている。すなわち、延設部7aに対応する延設部5aの前後方向の両端部にそれぞれ1個ずつ弾性部材6a、6cが設けられ、延設部7bに対応する延設部5bの前後方向の両端部にそれぞれ1個ずつ弾性部材6b、6dが設けられている。

【0015】被訓練者2は、支持具7につかまり、支持具7に体重の一部を預けて歩行するが、被訓練者2からの作用力は、弾性部材6a～6dにより、支持具7の四隅で分散して支持される。すなわち、被訓練者2からの作用力は両持ち構造で支持される。

【0016】支持台5には、4個の変位検出器8a、8b、8c、8dが設けられている。支持具7の右および左には、変位検出器8a、8bに対応して、標的9a、9bが表面を前後方向に垂直に向けて設けられている。また、支持具7には、弾性部材6a、6cの中間点および、弾性部材6b、6dの中間点に、変位検出器8c、8dに対応して、標的9c、9dが表面を水平に向けて設けられている。標的9a、9b、9c、9dは、変位検出器8a、8b、8c、8dが支持具7の変位量を検出するための位置基準(目印)となる部材である。

【0017】変位検出器8a、8bは標的9a、9bとの間の前後方向の距離の変化(相対変位)を測定し、変位検出器8c、8dは標的9c、9dとの間の上下方向の距離の変化(相対変位)を測定する。すなわち、本実施例においては、支持具7に作用する作用力を検出する作用力検出部(手段)は、変位検出器8a、8b、8c、8dと標的9a、9b、9c、9dとによって構成される。

【0018】弾性部材6a～6dは、円柱形のゴムであり、上下方向すなわち鉛直方向に対しては剛性が高く、前後・左右方向すなわち水平方向に対しては剛性が低くなる、異方性の弾性を持つようにゴムの直径と長さが選択されている。望ましくは、鉛直方向の剛性が、 $200\text{ N/mm} \sim 2000\text{ N/mm}$ になり、水平方向の剛性が、垂直方向の剛性の $1/4$ 以下になるように、ゴムの硬度、直径、長さを選択することが望ましい。

【0019】なお、弾性部材6a～6dはゴムに限定されるわけではなく、例えば、金属のばねの組み合わせたものを用いてもよい。

【0020】変位検出器8a～8dは、差動トランス式変位センサであり、センサから伸びるロッドの先端を、センサに内蔵されたばねにより、標的9a～9dに垂直に押し当て、ロッドの変位を検出する。これにより、ロッドに平行(ロッドの軸に沿う方向)、すなわち標的9a～9dに垂直な方向の変位を検出する。他の方向に対しては、変位が発生しても、ロッドの先端は標的の表面を滑り、ロッドは動かないので、変位は検出されない。

【0021】なお、変位検出器8a～8dとしては他の方式の変位検出器を用いてもよく、例えば、差動トランスの代わりに、抵抗変化により変位を検出するポテンシオメータを用いてもよい。あるいは、渦電流式ギャップセンサ、反射光量や3角測量の原理により距離を検出する光学式センサ、永久磁石を標的に用いて磁気抵抗効果やホール効果により変位を測定する磁気式センサ、などの非接触式センサを用いてもよい。

【0022】上述のように、本実施例では、使用者の体重を受ける荷重受け部材、すなわち本実施例の弾性部材6a、6b、6c、6dと、作用力検出手段とを分離し、それぞれの機能を独立させている。これにより、使用者の体重を支えとともに、必要な作用力の検出を高精度かつ高分解能に行う事が可能になる。

【0023】図3に制御装置17のブロック図を示す。なお、制御装置17で行われる演算処理は、マイクロコンピュータを用いてソフトウェアにより実現してもよく、アナログ回路により実現してもよい。

【0024】まず、前後方向の変位検出器8aと8bの出力Sa、Sbの和を2で割って支持具7の前後方向の変位Dyを求め、ばね定数Cyを掛けて、前後方向の作用力Fyを求める。また、SaからSbを引いた値を変位検出器8a、8bの間隔L1で割って支持具7の上下軸まわりの回転変位Drzを求め、ばね定数Crzを掛けて、上下軸まわりのモーメントFrzを求める。また、上下方向の変位検出器8cと8dの出力Sc、Sdを2で割って支持具7の上下方向の変位Dzを求め、ばね定数Czを掛けて、上下方向の作用力Fzを求める。また、SdからScを引いた値をL1で割って支持具7の前後軸回りの回転変位Dryを求め、ばね定数Cryを掛けて、前後軸回りのモーメントFryを求める。

【0025】次に、前進方向の作用力FyにゲインKyを掛けて、前進速度指令Vyを求める。また、モーメントFrzにゲインKrzを掛けて、旋回角速度指令Vrzを求める。速度指令VyおよびVrzから、次の式で表される計算を行って、右および左の駆動車輪11a、11bを駆動するモータ10a、10bの回転数の指令値Vm1、Vm2を求める。

【0026】

$V_{m1} = (2N/D) \times V_y + (NW/D) \times V_{rz}$   
 $V_{m2} = (2N/D) \times V_y - (NW/D) \times V_{rz}$   
 ここで、Nは減速機18a、18bの減速比、Wは駆動車輪11a、11bの間隔、Dは駆動車輪11a、11bの直径である。

【0027】指令値 $V_{m1}$ 、 $V_{m2}$ をモータ駆動回路61a、61bに与え、モータ10a、10bを指令値に従って回転させる。

【0028】また、作用力 $F_y$ 、 $F_{rz}$ 、 $F_z$ 、 $F_{ry}$ を、所定の時間間隔でメモリ62に記録する。

【0029】以下、本発明の歩行訓練装置における作用力検出の動作を説明する。

【0030】説明のために、図1に示すように、歩行訓練装置1の座標系を、右向きをX、前向きをY、上向きをZと定める。また、軸回りの回転やモーメントに対しては、各軸の正の向きに進む右ねじの方向を正と定める。

【0031】支持台5および支持具7はU字形に形成されているので、中央部は空間になっているが、図4に示すように、4個の弾性部材6a～6dの中心の位置に仮想的な基準点を考え、これをQとする。なお、基準点Qは、4個の弾性部材が複合されたばねの弾性中心に一致する。尚、図4において、(a)は上方から見た図を示しており、(b)は後方から見た図を示している。

【0032】図4に示すように、被訓練者2から支持具7に働く作用力の、右方向、前方向、上方向の各軸方向の成分をそれぞれ $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ とする。また、基準点Qにおける各軸回りのモーメントを $F_{rx}$ 、 $F_{ry}$ 、 $F_{rz}$ とする。

【0033】被訓練者2が支持具7につかまり、支持具7に力を加えると、弾性部材6a～6dが変形し、支持具7は支持台5に対して相対的に変位する。基準点Qにおける、支持台5に対する支持具7の変位の各座標軸に対する並進、回転の成分を、 $D_x$ 、 $D_y$ 、 $D_z$ 、 $D_{rx}$ 、 $D_{ry}$ 、 $D_{rz}$ とする。変位および作用力の基準点Qを弾性部材6a～6dの弾性中心に一致させているので、作用力の各軸の成分は、それぞれの軸に対する変位に比例し、

$$F_x = C_x \times D_x$$

$$F_y = C_y \times D_y$$

$$F_z = C_z \times D_z$$

$$F_{rx} = C_{rx} \times D_{rx}$$

$$F_{ry} = C_{ry} \times D_{ry}$$

$$F_{rz} = C_{rz} \times D_{rz}$$

で表される。ここで、 $C_x$ 、 $C_y$ 、 $C_z$ 、 $C_{rx}$ 、 $C_{ry}$ 、 $C_{rz}$ は、弾性部材6a～6dが複合されたばねの、各軸に対するばね定数であり、弾性部材6a～6dの前後・左右のばね定数を $C_{sx}$ 、上下方向のばね定数を $C_{sz}$ とし、弾性部材6a、6cと6b、6dの間隔を $L_1$ 、弾性部材6a、6bと6c、6dの間隔を $L_2$

とすると、

$$C_x = 4 \times C_{sx}$$

$$C_y = 4 \times C_{sx}$$

$$C_z = 4 \times C_{sz}$$

$$C_{rx} = C_{sz} \times L_2 \times L_2$$

$$C_{ry} = C_{sz} \times L_1 \times L_1$$

$$C_{rz} = C_{sx} \times (L_1 \times L_1 + L_2 \times L_2)$$

となる。

【0034】前後方向の変位検出器8aおよび8bは、その位置における前後方向の変位のみを検出するので、変位の検出値は、前後方向の変位 $D_y$ と、上下軸回りの回転変位 $D_{rz}$ のみの影響を受ける。従って、変位が小さい場合、変位検出器8a、8bの出力 $S_a$ 、 $S_b$ は、 $S_a = D_y + D_{rz} \times L_1 / 2$   
 $S_b = D_y - D_{rz} \times L_1 / 2$   
となる。ここで、 $L_1$ は弾性部材6a～6dの左右方向の間隔である。

【0035】また、上下方向の変位検出器8cおよび8dは、その位置における上下方向の変位のみを検出するので、変位の検出値は、上下方向の変位 $D_z$ と前後軸回りの回転変位 $D_{ry}$ のみの影響を受ける。なお、変位検出器8c、8dの標的9c、9dは、弾性部材6a、6c、および6b、6dの中間点に設けられているので、支持具7の左右軸回りの回転変位 $D_{rx}$ の影響は受けない。従って、変位が小さい場合、変位検出器8c、8dの出力 $S_c$ 、 $S_d$ は、

$$S_c = D_z - D_{ry} \times L_1 / 2$$

$$S_d = D_z + D_{ry} \times L_1 / 2$$

となる。

【0036】上記の関係から、変位 $D_y$ 、 $D_{rz}$ 、 $D_z$ 、 $D_{ry}$ を求めると、

$$D_y = (S_a + S_b) / 2$$

$$D_{rz} = (S_a - S_b) / L_1$$

$$D_z = (S_c + S_d) / 2$$

$$D_{ry} = (S_d - S_c) / L_1$$

の関係が得られる。

【0037】上記の原理に基づいて、図3に示した制御装置17では、変位検出器8a～8dの出力 $S_a$ ～ $S_d$ から、作用力 $F_y$ 、 $F_{rz}$ 、 $F_z$ 、 $F_{ry}$ を求めている。すなわち、 $S_a$ 、 $S_b$ の和を2で割って、変位 $D_y$ を求め、ばね定数 $C_y$ を掛けて作用力 $F_y$ を検出し、 $S_a$ から $S_b$ を引いた値を $L_1$ で割って回転変位 $D_{rz}$ を求め、ばね定数 $C_{rz}$ を掛けて、モーメント $F_{rz}$ を検出し、 $S_c$ 、 $S_d$ の和を2で割って変位 $D_z$ を求め、ばね定数 $C_z$ を掛けて、作用力 $F_z$ を検出し、 $S_d$ から $S_c$ を引いた値を $L_1$ で割って回転変位 $D_{ry}$ を求め、ばね定数 $C_{ry}$ を掛けて作用力 $F_{ry}$ を検出している。

【0038】以下、本発明の歩行訓練装置の動作を説明する。

【0039】まず、被訓練者2が、脚に加わる負担を減

らすために、支持具7に寄りかかって体重の一部を預けて鉛直下向きに力を加え、支持具7に対して上下方向の負の作用力 $F_z$ を加えると、弾性部材6a~6dが鉛直下向きに圧縮され、支持具7に支持台5に対して上下方向の負の変位 $D_z$ が発生する。次に、前進歩行を開始するために、被訓練者2が支持具7に前向きに作用力 $F_y$ を加えると、弾性部材6a~6dが前向きに（弾性部材の上端側が下端側に対して前側に変位するように）変形し、支持具7に支持台5に対して前後方向の変位 $D_y$ が発生する。

【0040】このとき、被訓練者2の体重による下向きの力に比べて、前進のための前向きの力は小さいが、弾性部材6a~6dの水平方向の剛性を、鉛直方向よりも柔らかくしているため、前後方向の変位 $D_y$ として、上下方向の変位 $D_z$ と同等の大きさの変位が得られる。

【0041】支持具7に発生した変位 $D_y$ により、前後方向の変位検出器8a、8bに同方向の変位が検出され、上述のように、制御装置17によって、作用力 $F_y$ が求められる。また、変位 $D_z$ により、上下方向の変位検出器8c、8dに同方向の変位が検出され、制御装置17により作用力 $F_z$ が求められる。

【0042】制御装置17は、前向きの作用力 $F_y$ にゲイン $K_y$ を掛けて、速度指令 $V_y$ を求め、それに従って右および左の駆動車輪11a、11bを同方向に駆動することにより、前向きの作用力 $F_y$ に比例した速度 $V_y$ で、歩行訓練装置1を前進させる。

【0043】これにより、支持具7が前方に移動するので、被訓練者2の歩行速度が歩行訓練装置1の移動速度 $V_y$ よりも遅い場合には、支持具7の変位 $D_y$ が減少し、速度が低下する。逆に被訓練者2の歩行速度の方が速い場合は、変位 $D_y$ が増加し、歩行訓練装置1の移動速度 $V_y$ が増加する。これにより、歩行訓練装置1は、被訓練者2の歩行に同期して移動するので、歩行訓練装置1の見かけの抵抗を小さくする事ができる。

【0044】この時、作用力 $F_y$ と速度 $V_y$ の関係は、ゲイン $K_y$ により定まるので、ゲイン $K_y$ を変化させることにより、歩行補助装置1の見かけの抵抗を変えることができ、被訓練者2の身体状態に合わせた訓練を行うことができる。

【0045】また、被訓練者2が旋回を行うために、支持具7をひねり、上下軸回りのモーメント $F_{rz}$ を加えると、弾性部材6a~6dが変形し、支持具7に上下軸回りの回転変位 $D_{rz}$ が発生する。これにより、前後方向の変位検出器8a、8bに逆向きの変位が検出され、上述のように、制御装置17により、モーメント $F_{rz}$ が検出される。

【0046】制御装置17は、モーメント $F_{rz}$ にゲイン $K_{rz}$ を掛けて、回転速度指令 $V_{rz}$ を求め、それに従って右および左の駆動車輪11a、11bを逆方向に駆動することにより、モーメント $F_{rz}$ に比例した回転

速度 $V_{rz}$ で、歩行訓練装置1を旋回させる。

【0047】これにより、前進の場合と同様に、歩行訓練装置1は、被訓練者2の旋回歩行に同期して旋回する。この時、モーメント $F_{rz}$ と回転速度 $V_{rz}$ の関係は、ゲイン $K_y$ により定まるので、ゲイン $K_y$ を変化させることにより、被訓練者2の身体状態に応じて、歩行補助装置1の見かけの旋回抵抗を調整することができる。

【0048】上下方向の作用力 $F_z$ は、被訓練者2が支持具7に加えている体重を表しており、被訓練者2の脚力の評価に用いる。また、傾斜面を歩行する場合に、前後方向の作用力 $F_y$ から、重力による影響を除くためにも使用できる。また、前後軸回りのモーメント $F_{ry}$ は、被訓練者2の左右方向のバランスの評価に用いる。

【0049】歩行中の作用力 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $F_{rz}$ 、 $F_{ry}$ は、記憶装置62に記録されており、医師や理学療法士が、訓練後に記録を参照することにより、歩行訓練の効果を評価する。作用力の複数の成分が記録されるので、被訓練者2の運動の状況を詳しく調べることができる。

【0050】本実施例の歩行訓練装置においては、前後方向の変位検出器8aおよび8bの出力 $S_a$ 、 $S_b$ は、前後方向の作用力 $F_y$ に比例する変位 $D_y$ と、上下軸回りのモーメント $F_{rz}$ に比例する回転変位 $D_{rz}$ のみの影響を受ける。すなわち、変位検出器8aおよび8bの出力は、水平面内の作用力・モーメントのみに影響され易く、鉛直方向の作用力の影響を受けにくいので、被訓練者2が支持具7に寄りかかり、鉛直下向きに大きな力が加わっている場合でも、水平面内の作用力・モーメントを簡便に精度良く検出することができる。

【0051】また、上下方向の変位検出器8cおよび8dの出力 $S_c$ 、 $S_d$ は、上下方向の作用力 $F_z$ に比例する変位 $D_z$ と前後軸回りのモーメント $F_{ry}$ に比例する回転変位 $D_{ry}$ の影響を受けるが、上下方向に2つの変位検出器8c、8dを設けており、両者の出力の平均を求めることにより、上下方向の変位 $D_z$ を求め、上下方向の作用力 $F_z$ を検出しているので、被訓練者2が支持具7に体重を加える位置が変化しても、鉛直方向の作用力を正確に検出できる。

【0052】また、支持具7を、弾性部材6a~6dにより、前後左右の四隅で両持ち支持しており、被訓練者2から力が作用する作用点が弾性部材6a~6dの中央に位置しているので、被訓練者2が支持具7に寄りかかり、鉛直下向きに大きな力を加えても、弾性部材6a~6dに無理なモーメントが作用し難く、弾性部材6a~6dが破損する恐れがない。また、このため、弾性部材6a~6dの剛性を小さくすることができるので、作用力検出器8a~8dにより検出される変位を大きくすることができ、作用力の検出感度が高まる。

【0053】また、弾性部材6a~6dは、水平方向の



剛性を、鉛直方向よりも小さくしているので、鉛直方向に比べて小さい水平方向の作用力を精度良く検出することができる。

【0054】歪ゲージを用いた従来の力センサでは、梁の微小な歪を検出することにより、力を検出していたが、本実施例では、弾性部材の変形により発生した、大きな変位を変位検出器で検出して力を検出しているので、ノイズや温度変化の影響を受けにくく、高い精度で作用力を検出できる。また、変位検出器に高い分解能が要求されないので、コストが低減される。

【0055】本実施例の歩行訓練装置では、高い精度で作用力を検出できるので、作用力に応じて駆動車輪を駆動するゲイン $K_y$ 、 $K_{rz}$ を大きくすることができ、小さな力で歩行訓練装置1を移動させることができる。このため、被訓練者2に与える疲労を低減できる。また、訓練中の作用力を高い精度で検出し記録することができるので、訓練の効果を精密に評価することができる。

【0056】また、歩行訓練装置1の基体3は、方向が前後方向に固定された駆動車輪11a、11bと、方向が自在に回転する従動車輪12a、12bにより支持されているので、歩行訓練装置1は前後の移動と、駆動車輪11a、11bの中間点Pを中心とした旋回を行うことができるが、左右方向への平行移動はできない。このため、移動の制御には、被訓練者2から働く作用力の成分のうち、前後方向と、車輪中間点Pの回りのモーメントの成分を必要とするが、左右方向の成分を必要としない。

【0057】作用力検出の基準点Qと車輪中間点Pの水平面内の位置が一致している場合には、車輪中間点P回りのモーメントは、前述の上下軸回りの作用力の成分 $F_{rz}$ に一致する。すなわち、移動の制御には、前後方向の作用力 $F_y$ と、上下軸回りのモーメント $F_{rz}$ を必要とするが、左右方向の作用力 $F_x$ を必要としない。

【0058】一方、基準点Qは弾性部材6a～6dの弾性中心に一致しているので、左右方向の作用力 $F_x$ に対して、支持具7は左右方向に平行に変位するが、上下軸回りの回転変位は生じない。すなわち、左右方向の作用力 $F_x$ は、左右方向の変位 $D_x$ のみに影響を及ぼす。また、前後方向の変位検出器9a、9bの出力 $S_a$ 、 $S_b$ は、前後方向の変位 $D_y$ と上下軸回りの回転変位 $D_{rz}$ の影響を受けるが、左右方向の変位 $D_x$ に影響を受けない。このため、検出器出力 $S_a$ 、 $S_b$ は、前後方向の作用力 $F_y$ と、上下軸回りのモーメント $F_{rz}$ のみに影響され、左右方向の作用力 $F_x$ の影響を受けない。このため、移動の制御のために必要となる、 $F_y$ および $F_{rz}$ の2個の作用力の成分を、2個の変位検出器9a、9bで検出することができ、移動の制御に必要としない $F_x$ の影響を除くために、別に変位検出器を設ける必要がないので、変位検出器の数を最小限にすることができ、コストを低減できる。

【0059】なお、上記の効果を得るには、駆動車輪11a、11bの中間点Pと、弾性部材6a～6dの弾性中心である基準点Qの水平面内の位置が一致している必要があるが、実際には、若干の誤差は許容される。しかし、操作感覚に違和感を与えないために、できるだけ車輪中間点Pと、基準点Qを近づけるように、駆動車輪11a、11bと支持台5、弾性部材6a～6d、支持具7を配置することが望ましい。

【0060】また、歩行訓練の効果の評価のために、左右方向の作用力の検出が必要な場合には、左右方向の変位 $D_x$ を検出する変位検出器を追加することにより、左右方向の作用力 $F_x$ を検出することもできる。

【0061】図5に本発明に係る歩行訓練装置の作用力検出部の別の構成を示す。

【0062】支持台5には、弾性部材の代わりに右および左のレール72a、72bが設けられている。レール上には、左右2個に分割された支持具71a、71bが前後方向に動きを規制されて移動可能に支持されている。このために、支持具71a、71bにはレールと摺動する摺動部材75a、75bが設けられている。また、支持具71a、71bは、前後方向に変形する板ばね73a、73bにより、支持台5と連結されている。このとき板ばね73a、73bは前向きの動きに対しても、また後ろ向きの動きに対しても反力を発生する事ができるので、コイルばねを用いるよりも構成が簡単になる。支持台5には、変位検出器6a、6bが設けられており、支持具71a、71bに設けられた標的9a、9bとの距離を検出することにより、支持具71a、71bの前後方向の変位を検出する。

【0063】被訓練者2が、支持具71a、71bに寄りかかり、前進するために前向きに作用力 $F_y$ を加えると、支持具71a、71bは共に前向きに変位する。また、被訓練者2が、旋回するために支持具71a、71bに対して上下軸回りのモーメント $F_{rz}$ を加えると、支持具71a、71bは、逆方向に変位する。この変位を変位検出器6a、6bにより検出し、検出値 $S_a$ 、 $S_b$ を、前記と同様に制御装置17に与え、駆動車輪11a、11bを駆動制御することにより、前進および旋回の移動制御を行う。

【0064】被訓練者2から支持具71a、71bに加わる鉛直下向の作用力は、レール72a、72bにより支持され、変位検出器6a、6bの出力 $S_a$ 、 $S_b$ に影響を及ぼさないので、被訓練者2が脚にかかる負担を減らすために、支持具71a、71bに体重を預け、鉛直下向きに大きな力を加えた状態でも、水平方向の作用力を精度良く検出できる。

【0065】図6に本発明に係る歩行訓練装置の第2の構成を示す。図6は装置を右側方より見た側面図を示している。

【0066】基体3には、支柱4が設けられており、そ

の上部に支持台5が設けられている。支持台5には、弾性部材6a～6dが設けられており、その上に支持具7が設けられている。また、基体3には、モータ82により駆動されるベルト81が設けられている。被訓練者2は、支持具7につかまり、ベルト81の上を歩行して歩行訓練を行う。

【0067】前述の第1の構成では、駆動部を、基体の移動を可能にする車輪とこの車輪を駆動するモータ他からなる駆動手段とによって構成し、実際に移動することによって被訓練者の歩行動作を可能にしたが、本実施例では、環状のベルト81とこのベルト81を駆動するモータ82他からなる駆動手段を用いて、ベルト81上での被訓練者の歩行動作を可能にしている。

【0068】前述の第1の構成と同様に、支持具7の支持台5に対する変位を検出することにより、支持具7に働く作用力を検出し、前後方向の作用力に応じてモータ82を駆動して、ベルト81を動かすことにより、被訓練者2に対する歩行訓練を行う。また、訓練中に支持具7に働く作用力を記録することにより、訓練の効果を評価する。

【0069】なお、モータ82を一定の速度で駆動して、ベルト81を一定の速度で駆動して、歩行訓練を行ってもよい。また、モータ82の回転数に応じて、所定のトルクを発生するようにモータ82を制御することにより、ベルト81の抵抗を制御して歩行訓練を行ってもよい。

【0070】本実施例において、支持具7に作用する作用力の検出や、その利点は第1の構成と同様であり、また支持台及び支持具周りを図5の構成のようにしてもよい。

【0071】なお、本発明の歩行訓練装置の作用力検出方法は、パワーアシスト機能を備える電動車椅子や、荷物運搬用台車にも適用できる。

【0072】上記説明したように、本発明に係る歩行訓練装置の各実施例では、支持台に鉛直方向よりも水平方向の剛性を小さくした複数の弾性部材を設けて、支持具を両持ち支持し、支持台に対する支持具の変位を変位検出器により検出することにより、被訓練者から支持具に働く作用力を検出しており、水平方向の変位検出器の検出値は鉛直方向の作用力の影響を受けないので、被訓練者が脚にかかる負担を減らすために支持具に寄りかかり、支持具に鉛直下向きに大きな力を加えている場合でも、水平方向の作用力を精度良く検出できる。

【0073】また、支持具を弾性部材により両持ち支持し、弾性部材の水平方向の剛性を鉛直方向よりも柔らかくしているため、支持具に発生する変位が大きくなるの

で、容易に高い力検出精度が得られるとともに、変位検出器のコストが低減される。

【0074】作用力の検出精度が高まるので、作用力に応じて歩行訓練装置を移動させるゲインを高めることができ、軽い力で歩行できるようになるので、被訓練者の疲労が低減される。また、歩行訓練中の被訓練者から働く作用力の記録精度が高まるので、歩行訓練の効果をより精密に評価できる。

【0075】本発明に係る上記の実施例では、支持具を基体に支持する手段或いは部材と力検出手段とを隔離することにより、使用者（被訓練者）の体重による鉛直下向きの荷重が、水平方向の作用力の検出に影響を及ぼすことを防いでいる。このような技術思想は、支持具を基体に支持する手段を設けた上で、支持具と基体との間にこの支持手段よりも弱い支持剛性を有する梁を別に設け、この梁に歪みゲージを貼り付けて用いることによっても実施可能である。このような構成によっても、水平方向の作用力の検出精度を向上することができる。

【0076】

【発明の効果】支持具を基体に支持する手段とは離隔して力検出手段を設けたことにより、被訓練者が脚にかかる負担を減らすために支持具に寄りかかり、支持具に鉛直下向きに大きな力を加えている場合でも、水平方向の作用力を精度良く検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の歩行訓練装置の一実施例の構成を表す側面図および上面図。

【図2】作用力検出部の構成を示す斜視図および側面図。

【図3】制御装置の構成を示すブロック図。

【図4】作用力検出の動作を説明するための支持具および支持台の上面図および後側面図。

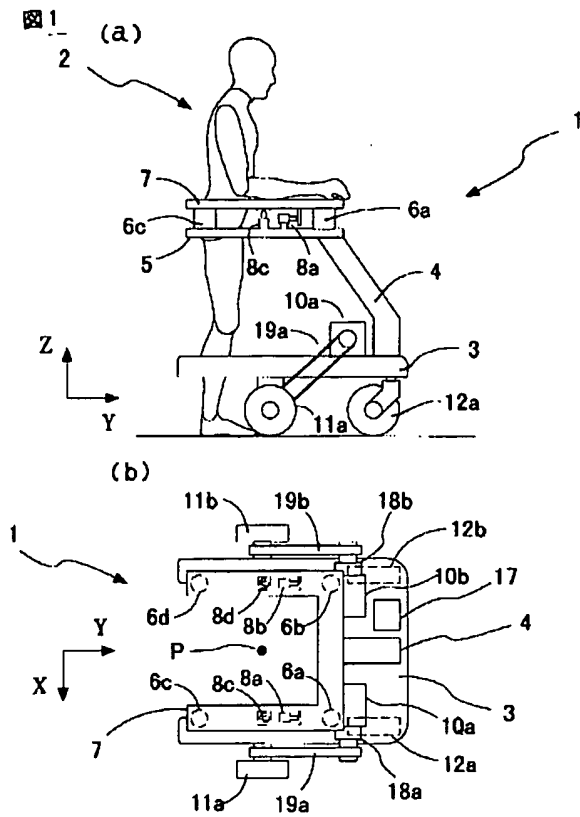
【図5】作用力検出部の別の構成を示す斜視図。

【図6】本発明の歩行訓練装置の別の実施例を示す側面図。

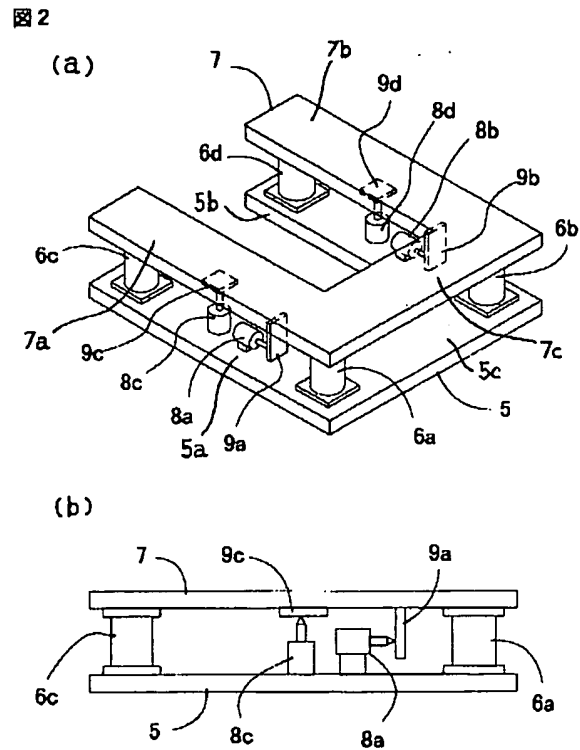
【符号の説明】

1…歩行訓練装置、2…被訓練者、3…基体、4…支柱、5…支持台、6a～6d…弾性部材、7…支持具、8a～8d…変位検出器、9a～9d…標的、10a、10b…モータ、11a、11b…駆動車輪、12a、12b…従動車輪、17…制御装置、18a、18b…減速機、19a、19b…ベルト、61a、61b…駆動回路、62…メモリ、71a、71b…支持具、72a、72b…レール、73a、73b…板ばね、81…歩行ベルト、82…モータ。

【図1】



【図2】



【図6】

【図3】

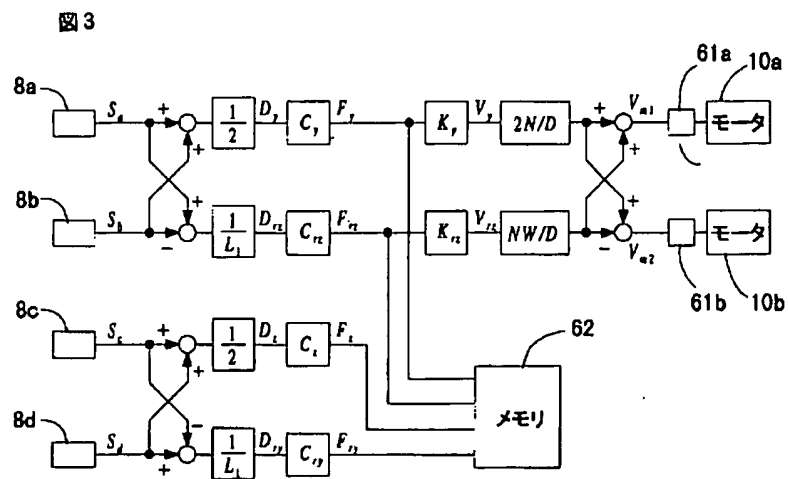
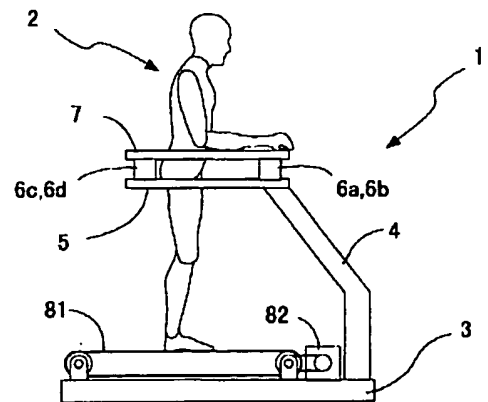
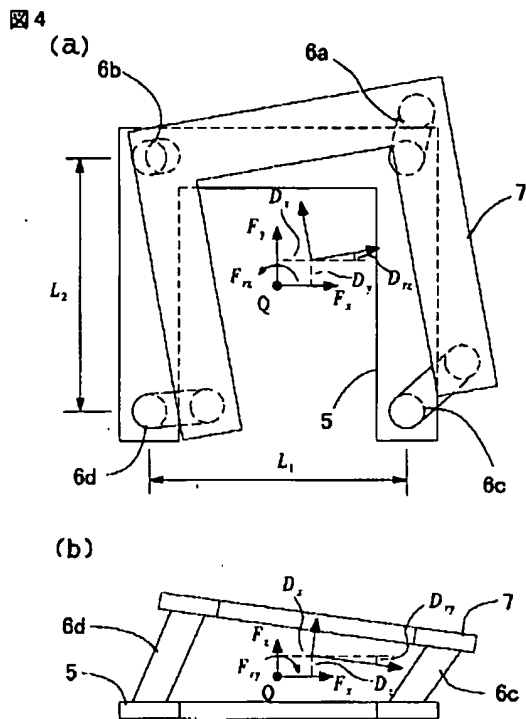


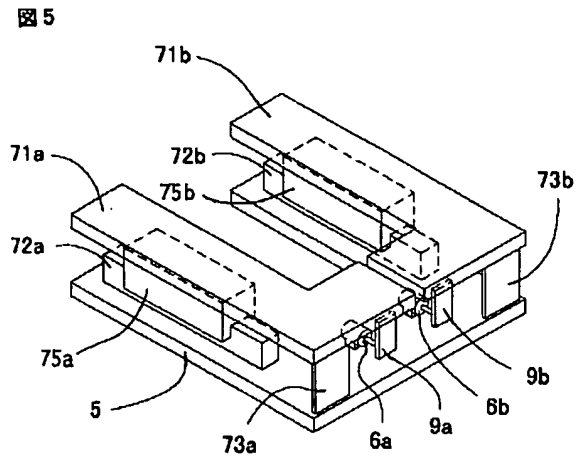
図6



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 小関 篤志  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内  
(72)発明者 服部 静子  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(72)発明者 酒井 昭彦  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内  
(72)発明者 藤江 正克  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内